

Treball de Fi de Grau

Enginyeria de Tecnologies Industrials

Avaluació de projectes d'electrificació rural amb energies renovables

MEMÒRIA

Autora: Adriana Garzón Marsal
Directora: Laia Ferrer-Martí
Co-Director: Marc Juanpera Galell
Convocatòria: Juny 2019



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



Resum

Aquest treball realitza una avaluació de projectes d'electrificació rural amb energies renovables. Es disposa d'enquestes respostes per usuaris i tècnics de 10 projectes diferents d'una regió concreta del Perú, de les quals es vol treure informació útil.

Per fer això, primerament cal fer una breu explicació de la idea general dels projectes. Es van implementar tres tipus de sistemes segons l'energia renovable a partir de la qual generen electricitat, la qual pot ser distribuïda o no a través d'una microxarxa. També es farà una descripció sobre la localització dels projectes al Perú. Després s'explicarà com són les enquestes d'on s'ha tret la informació. N'hi ha de dos tipus segons la informació que recullen i aquesta es completa amb la dels diagnòstics socioeconòmics de les comunitats.

Per dur a terme l'avaluació és necessària una documentació prèvia, seguida del tractament de les dades de les enquestes, que inclou la digitalització d'aquestes. A continuació s'explica la metodologia d'anàlisi utilitzada: l'avaluació multicriteri. Aquesta consisteix en la creació d'uns indicadors per tal de visualitzar i comparar més fàcilment els aspectes que es volen estudiar. El següent pas es dur a terme l'estudi de les dades pròpiament dit. Per tal cosa es fa primerament una avaluació individual per projecte i després una comparació per àmbits d'estudi: tecnològic, social, econòmic i medi-ambiental. Per últim, es recullen les idees extretes de l'anàlisi, que resumeixen els resultats i són propostes de millora per presents i futurs projectes del mateix estil. Aquestes propostes van dirigides tant pel funcionament dels sistemes en si com pels futurs anàlisis de dades com aquest treball.

Sumari

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	5
1.1. INTRODUCCIÓ.....	5
1.2. OBJECTIUS DEL PROJECTE.....	5
1.3. ABAST DEL PROJECTE.....	5
2. PROJECTES.....	6
2.1. TIPUS DE SISTEMES	6
2.1.1. Segons font d'energia	7
2.1.1.1. Hidràulica (H).....	7
2.1.1.2. Solar (S)	7
2.1.1.3. Eòlica (E)	8
2.1.2. Segons l'estructura	9
2.1.2.1. Individual (I)	9
2.1.2.2. Microxarxa (M).....	9
2.2. LOCALITZACIÓ: SANT PABLO, ZONES RURALS DEL PERÚ.....	10
3. DADES DE PARTIDA	12
3.1. DIAGNÒSTICS SOCIOECONÒMICS.....	12
3.2. ENQUESTES TÈCNIQUES	13
3.3. ENQUESTES A FAMÍLIES	13
4. METODOLOGIA.....	15
4.1. DOCUMENTACIÓ.....	15
4.2. PROCESSAMENT DE LES ENQUESTES	15
4.3. AVALUACIÓ MULTICRITERI	16
4.3.1. Descripció de les eines multicriteri	16
4.3.2. Característiques descriptives	17
4.3.3. Indicadors d'anàlisi.....	17
5. ANÀLISI RESULTATS.....	21
5.1. RESULTATS.....	21
5.2. ANÀLISI INDIVIDUAL.....	24
5.2.1. Morowisha ES-M.....	24
5.2.2. Inyatambo S-I	24
5.2.3. Alto Perú H-M	24
5.2.4. Alto Perú S-I.....	25
5.2.5. Alto Perú S-M.....	25
5.2.6. Suro Antivo H-M.....	25

5.2.7. Pucará H-M.....	26
5.2.8. Pucará S-I.....	27
5.2.9. Chorro Blanco H-M	27
5.2.10. Campo Alegre ES-I	28
5.2.11. Comparació per l'àmbit tecnològic.....	28
5.2.12. Comparació en l'àmbit social i de gestió	29
5.2.13. Comparació en l'àmbit econòmic	30
5.2.14. Comparació Medi-Ambiental	31
5.3. PROPOSTES DE MILLORA	32
5.3.1. Anàlisi global dels sistemes	32
5.3.2. Anàlisi de la metodologia	32
6. IMPACTE AMBIENTAL I PRESSUPOST	34
6.1. IMPACTE AMBIENTAL	34
6.2. PRESSUPOST	34
CONCLUSIONS.....	35
AGRAÏMENTS	37
7. BIBLIOGRAFIA.....	38
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	38
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTÀRIA	38

Introducció i objectius

1.1. Introducció

Actualment, al voltant del 13% de la població mundial (uns mil milions de persones) no tenen accés a electricitat, majoritàriament en zones rurals d'Àsia, Àfrica Central i Sud Amèrica. Per erradicar aquest fet i millorar la qualitat de vida de les persones, al 2005 Enginyers sense Fronteres juntament amb ITDG Practical Action van proposar un programa d'electrificació, el qual consistia en proporcionar energia elèctrica a comunitats rurals d'Amèrica Llatina mitjançant sistemes que no només fossin autònoms, si no que produïssin electricitat a partir d'energies renovables. Es van dur a terme diferents modalitats: petites centrals hidràuliques, plaques fotovoltaïques i aerogeneradors (individuals o en microxarxes), tot implicant als habitants de les comunitats en la construcció i el manteniment dels dispositius.

Al 2016 es va realitzar una recollida de dades a partir d'enquestes realitzades a tècnics i famílies usuàries. Aquestes dades tenen un gran valor, doncs gràcies a elles es pot conèixer l'impacte dels projectes implementats. Per fer-ho cal estudiar i analitzar dites enquestes. La motivació d'aquest treball és dur a terme precisament això per tal que els presents i futurs projectes d'electrificació rural funcionin més eficient i de manera autònoma a partir de els coneixements que es puguin treure d'aquestes enquestes.

1.2. Objectius del projecte

Principalment, els projectes innoven en la utilització d'energies renovables, l'autonomia dels sistemes i la capacitat d'autogestió que donen a les comunitats. Per analitzar com funcionen aquestes innovacions, el primer objectiu és extraure tota la informació valuosa possible de les enquestes i obtenir els resultats d'aquestes de manera sintetitzada i fàcilment comprensible. Un cop fet això, seria interessant i enriquidor detectar els problemes que s'han d'evitar i les característiques que es podrien millorar tant com a l'hora de definir nous projectes del mateix tipus en el futur com per optimitzar els ja existents. Un altre objectiu és comparar els diferents projectes amb la intenció de determinar quan funciona millor cadascun i perquè.

1.3. Abast del projecte

D'entre els projectes d'electrificació rural que fan us d'energies renovable, l'estudi que es durà a terme compara el funcionament de 10 sistemes d'electrificació implementats a 7 localitats diferents de la mateixa regió del Perú. Sobre informació d'aquests 10 projectes es disposa d'enquestes realitzades al 2016, en els resultats de les quals es focalitza aquest treball, complementat amb altres documents que s'expliquen més endavant.

2. Projectes

Practical Actions i Enginyers sense fronteres són dues organitzacions no governamentals que realitzen projectes de cooperació internacional en països en vies de desenvolupament. Aquestes associacions es van unir per fer projectes per reduir la situació que es dona a moltes regions rurals del món, on els habitants més aïllats no poden gaudir d'electricitat.

Per abastir d'electricitat aquests habitatges, en comptes d'intentar dur la xarxa nacional fins aquestes aïllades localitzacions, la proposta és instal·lar centrals d'obtenció d'energia elèctrica autònoms en cada comunitat. L'energia elèctrica seria transformada a partir d'energies renovables per la qual cosa no s'haurien de comprar combustibles externs, es reduirien costos de manteniment i no es contaminaria.

Aquesta proposta d'autonomia exigeix una autogestió per part de les comunitats i un suport de les autoritats per poder, en un futur i optimitzant el projecte amb avaluacions com aquest treball, continuar oferint electricitat a altres localitats.

Entre el 2011 i el 2013 es van implementar els sistemes a les comunitats que s'estudien en aquest treball i que es veu més endavant. Es van instal·lar sistemes diferents en cada lloc, es va explicar el funcionament bàsic d'aquests als habitants i la idea era que cada veí pagués una quota mensual que es guardaria en un fons comú per quan hi hagués una averia. Cada comunitat tindria un administrador i un o més operadors per recaptar els diners i encarregar-se del manteniment dels sistemes, respectivament.

Per tant, en aquesta avaluació no s'avaluarà únicament el funcionament tècnic si no el funcionament de la organització social i administrativa del projecte.

2.1. Tipus de sistemes

En la comparació que es durà a terme en aquest treball serà entre els diferents sistemes d'obtenció d'energia renovable i tipus de distribució d'aquesta. Per això, a continuació es farà una breu descripció dels diferents sistemes d'electrificació utilitzats. Tots ells es poden classificar segons dos criteris: el tipus d'energia que transformen en electricitat i tipus d'estructura.

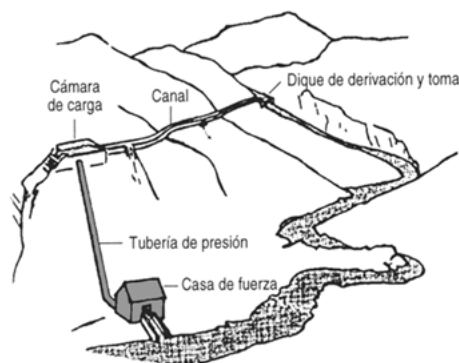
Segons el tipus d'energia distingim l'eòlica (E), la solar (S) i la hidràulica (H). Segons l'estructura trobem dispositius individuals (I) o bé microxarxes (M). D'ara en endavant s'utilitzaran els codis esmenats per referir-se a cada sistema.

2.1.1. Segons font d'energia

2.1.1.1. Hidràulica (H)

L'obtenció d'energia en aquest cas és a partir del moviment de l'aigua. El sistema consisteix en desviar una part del curs del riu i fer passar aquesta corrent d'aigua a través d'una turbina. Mitjançant un transformador s'aconsegueix que l'energia cinètica del corrent passi a ser energia elèctrica. És una font d'energia continua, ja que el corrent d'aigua ho és. No obstant, es dimensiona segons el mes de més sequera, època en que el cabal és mínim, per a un aprofitament possible tot l'any.

La relació energia generada-cost que proporciona es considera bona: si és possible, es considera com a primera opció. Els resultats del treball determinaran si per aquestes localitzacions també són les més efectives. [1]



Il·lustració 1. Microcentral hidràulica de derivació. Font: Sánchez-Campos i Ramírez-Gastón

2.1.1.2. Solar (S)

És l'obtenció d'electricitat a partir de les emissions del Sol. La captació d'energia és mitjançant plaques fotovoltaïques, constituïdes amb cèl·lules solars, un tipus de díodes. Es transforma la radiació lluminosa en electricitat.

Tot i que aquest mètode d'obtenció d'energia és molt positiu perquè no produeix cap mena de residu o pèrdua, també té defectes. La generació és discontinua, doncs depèn de la lluminositat solar i, per tant, necessita bateries que acumulin l'energia. La variabilitat és freqüent: durant el dia es capta energia i durant la nit absolutament res, aquest fet és una gran diferencia respecte la hidràulica.

Requereix una inversió inicial alta, molt superior a la eòlica, però el seu ús és estable i en principi dona bona qualitat de servei. [2]



Il·lustració 2. Placa fotovoltaica. Font: Presentació Bruno Domenech

2.1.1.3. Eòlica (E)

L'energia obtinguda a partir de la velocitat del vent és energia eòlica. Aquesta es recapta mitjançant aerogeneradors, una hèlix en un punt elevat i en direcció al vent.. Hi ha diferents tipus d'aerogeneradors, segons les característiques del lloc on s'implementen, doncs la generació que aquest proporciona és discontinua. Aquesta depèn de la freqüència del vent, la seva densitat i velocitat, per això són necessàries bateries que acumulin l'energia obtinguda. La variabilitat és molt més freqüent en que la solar, és poden donar variacions múltiples d'intensitat durant el dia, la qual cosa genera molts problemes. Donat que ja es posen bateries, en més d'un lloc s'ha posat sistemes eòlics-solar (ES). [3]



Il·lustració 3. Aerogenerador IT-100. Font: Ingenieros Sin Fronteras - ITDG

2.1.2. Segons l'estructura

2.1.2.1. Individual (I)

Els sistemes individuals consisteixen en la col·locació de sistemes independents per cada habitatge. La gestió més senzilla, doncs cada família es responsabilitza del seu. No obstant, això pot generar diferències entre famílies o mal manteniment pel poc coneixement tècnic que els habitants civils tenen. Aquest és un fet que s'estudiarà en l'anàlisi.



Il·lustració 4. Habitatge amb sistema ES-I. Font: Presentació Bruno Domenech

2.1.2.2. Microxarxa (M)

S'instal·la una xarxa de cablejat per fer arribar l'electricitat als habitatges. Per una banda exigeix gestió i coordinació de la comunitat, que pot consistir en reunions mensuals per parlar dels problemes i pagaments. D'altra banda redueix costos, dóna qualitat de subministrament com el fet de gaudir d'un operador i proporciona energia a tots per igual, la qual cosa evita problemes.



Il·lustració 5. Casa de màquines de pico-central hidràulica. Font: Presentació Bruno

Domenech

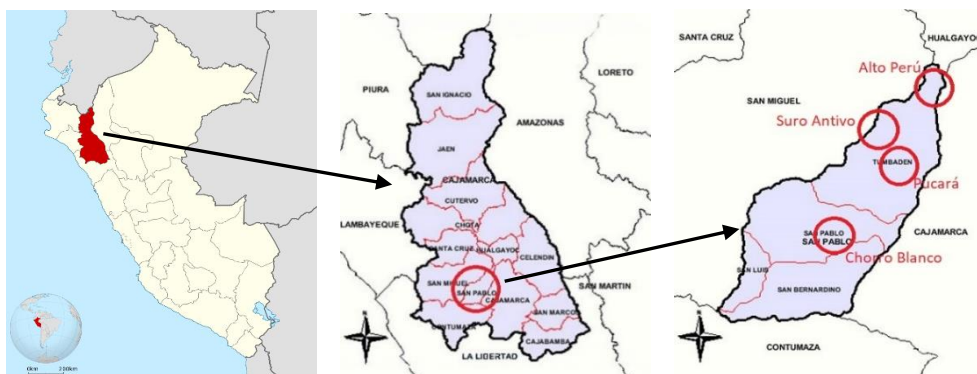


Il·lustració 6. Pal de distribució elèctrica. Font: Presentació Bruno Domenech

2.2. Localització: Sant Pablo, zones rurals del Perú

El projecte es situa al Perú, en la circumscripció de Cajamarca que és, segons un article publicat recentment [4], el districte més pobre del Perú.

Aquest districte es divideix en províncies. Una d'elles és San Pablo, on es van dur a terme els projectes. Aquest territori es troba a uns 300 msnm i té un clima fred amb temporada de precipitacions els mesos entre desembre i abril.



Il·lustració 7. Localització de Cajamarca, Sant Pablo i les comunitats estudiades. Font: Peru - (Template).svg

En total s'estudiaran els 10 projectes que al 2016 es van visitar a 7 comunitats diferents. La taula de continuació descriu quins sistemes es van implementar a cada lloc, utilitzant la nomenclatura esmentada en el punt 2.1.

Localitat	Sistema	Estructura	Construccions beneficiades
Morowisha	ES	M	4 cases i 1 escola
Ingamambo	S	I	Escola
Alto Perú	H	M	4 cases i 1 escola
	S	I	39 cases i 2 botigues
	S	M	2 cases, 2 restaurants, centre de salut
Suro Antivo	H	M	100 construccions
Pucará	H	M	22 cases, 1 escola, 2 esglésies
	S	I	7 cases
Chorro Blanco	H	M	37 cases i 1 escola
Campo Alegre	ES	I	20 cases

Taula 1. Projectes i cosntruccions beneficiades a cada localitat.

Tot i que les comunitats tenen diferents mides, cadascuna d'aquestes localitats consta, de mitja, de 50 habitatges i uns 200 habitants.

3. Dades de partida

El recull de dades a partir del qual es farà l'anàlisi dóna informació específica de les comunitats i no de la regió de San Pablo o de Cajamarca en general. Aquestes dades de tres fonts diferents: els diagnòstics socioeconòmics de les comunitats, i dos tipus de enquestes.

Les enquestes van ser realitzades a l'octubre de 2016. Per tant, l'escenari d'estudi és la comunitat visitada aproximadament quatre anys després de la posada en marxa de les noves fonts d'energia. S'extraurà informació amb un punt de vista tècnic del primer tipus d'enquesta i amb punt de vista de diverses famílies del segon tipus.

3.1. Diagnòstics socioeconòmics

Els diagnòstics socioeconòmics són estudis de les comunitats on es planteja implementar un projecte d'electrificació, previs a aquesta. Conèixer la situació abans de la reforma pot ser d'utilitat a l'hora de dissenyar el projecte i també a l'hora d'analitzar els canvis o impactes que aquest a causat. Segons la informació que s'obtingui una comparació de la situació inicial i la final de cada lloc és viable, així com fer una classificació dels llocs segons alguna característica coneguda de tots els llocs.

Malauradament, no hi ha diagnòstic de totes les localitats que en aquest treball s'estudien. De les 7 estudiades es té informació de les següents:

- Alto Perú
- Suro Antivo
- Pucará
- Chorro Blanco

De Morowisha, Ingatambo i Campo Alegre no es té aquesta informació. No obstant, les enquestes permeten que es puguin analitzar i comparar els projectes de totes 7 comunitats.

Els diagnòstics socioeconòmics, tot i no donar exactament la mateixa informació de cada lloc, tenen una estructura semblant que recull tots els àmbits de possible interès:

- Context: Informació sobre totes les característiques del territori i el clima, principalment.
- Població: Dades demogràfiques
- Activitats productives: Agricultura, ramaderia i comerç
- Consum d'energia: Fonts, demanda, artefactes que s'utilitzen, possible us futur
- Situació social: Conflictes i voluntat de pagament d'una tarifa, entre altres
- Organització: Autoritats, organismes de la localitat i contribuents

3.2. Enquestes tècniques

Les enquestes tècniques donen informació de les característiques físiques i de funcionament tècnic del sistema. Són dades objectives, per tant, una enquesta per sistema és suficient.

En general hi ha una enquesta per lloc, no obstant a Pucará i Chorro Blanco, comunitats amb més d'un sistema implementat, hi ha procedir fent una enquesta per sistema. A Alto Perú, tot i també tenir aquestes característiques, es compleix la norma d'una enquesta per localitat. Es veurà com es van utilitzar les dades en l'apartat *4. Metodologia*.

En l'anàlisi es veurà que s'ha fet l'estudi per sistemes (ES-M, S-I, H-M, etc.) en comptes de per comunitats com van ser preses les dades (Morowisha, Ingatambo, etc.)

L'enquesta tècnica està resposta per la persona qui va anar a recollir dades juntament amb l'operador, si n'hi havia a la comunitat. En qualsevol cas, persones que tinguin accés i/o coneguin el funcionament del sistema durant els anys de la seva utilització.

Les enquestes tècniques tenen 5 apartats diferenciats:

- General: És un presentació o contextualització. Es donen dades per identificar l'enquesta, la localitat, el sistema.
- Sistema: Dades de valors i qualitats tècniques del sistema.
- Obra civil: Indica si s'ha hagut de fer construccions per la implementació
- Impacte ambiental: Indica el grau d'afectació al medi ambient que pot haver tingut el sistema
- Plans de manteniment: Mostra com es gestiona l'ús i la cura del sistema

3.3. Enquestes a famílies

En total es van respondre 34 enquestes a famílies que donen informació sobre l'aprofitament per la vida quotidiana i activitats productives de cada habitatge. La mida de la mostra varia segons el lloc, com es pot veure a la Taula 2. A Ingatambo no es van fer enquestes d'aquest tipus ja que el sistema no estava implementat per fer arribar energia a les famílies si no a l'escola, pel benefici de la comunitat.

Cada enquesta a família es divideix en 4 blocs:

- General: És un presentació o contextualització. Es donen dades per identificar l'enquesta, la localitat, el sistema, la família i l'habitatge.
- Habitatge: Característiques de l'habitatge i l'ús de fonts d'energia
- Socio-econòmiques: Informació sobre els membres de la unitat familiar, activitats productives detallades i ajudes externes.
- Impacte electrificació: Avaluació subjectiva del sistema

Localitat	Quantitat d'enquestes	Número de personas que representen
Morowisha	2	7
Ingatambo	0	
Alto Perú	9	31
Suro Antivo	6	24
Pucará	7	32
Chorro Blanco	2	7
Campo Alegre	8	38

Taula 2. Número d'enquestes a famílies i de total de persones a qui representen a cada comunitat.

4. Metodologia

La realització d'aquest treball ha passat per un seguit d'etapes que s'expliquen a continuació.

4.1. Documentació

El requeriment de documentar-se sobre estudis previs i quina informació pot ser útil per fer una nova aportació és en el cas d'un treball d'anàlisi d'un projecte ja implementat molt important. En aquest cas la informació prèvia estudiada es podria dividir en tres bibliografies.

La primera és familiaritzar-se amb els recursos tecnològics emprats en els projectes que s'estudiaran. Aquest primer tipus de bibliografia recull teoria de fonts d'energia renovable, com obtenir-la i distribuir-la. En resum, aprendre sobre els tipus de sistema explicats en el punt 2.1.

El segon tipus de bibliografia que calia estudiar era informació sobre Perú i més concretament les localitats on es van desenvolupar els projectes. Mitjançant els diagnòstics socioeconòmics ja esmentats, llibres i articles es pretén entendre la situació dels projectes i dels llocs o les persones implicades.

El tercer grup de documents són articles i guions sobre com dur a terme un treball d'anàlisi de dades qualitatives en que s'observa l'ús i la descripció d'indicadors i altres eines que es veuran més endavant.

4.2. Processament de les enquestes

La següent i principal font d'informació per la realització de l'anàlisi són les enquestes. En les dades obtingudes a partir d'aquestes es centra el treball. Aquestes van ser respostes a mà sobre paper, per això, la primera tasca va ser la digitalització de totes les respostes i observacions classificades i ordenades per columnes.

El pas següent va ser fer una taula reduïda on només es veiessin les respostes de les preguntes tancades: dades numèriques, puntuació o Sí/No, per exemple. Tot i que les observacions i comentaris queden fora d'aquesta taula, es va intentar extreure d'aquestes informació que estigués per a tots els sistemes i amb allò fer altres columnes. En algun cas, els espais on faltaven dades es van poder completar amb dades d'altres respostes juntament amb dades externes.

Seguidament es decideix quines variables no són significatives ja sigui: per falta de dades si la pregunta no ha estat resposta en la majoria de les comunitats, per tenir el mateix valor per tots els sistemes i per no tenir influència en el funcionament o l'ús del sistema (columnes

buides, tota igual o no interessant). En algun cas, es creen columnes que donen una visió més comprensible de la informació de manera que aquesta sigui més útil a l'hora d'avaluar.

Un altre pas a realitzar va ser la creació de taules específiques. En les enquestes familiar, els àmbits de membres, agricultura, ramaderia i altres projectes socials requerien unes taules a part per la informació extra i més específica que donen. Tot que aquest pas previ a l'anàlisi pròpiament dit és innecessari en alguns casos. Per últim, es creen columnes més pràctiques per la confecció dels indicadors, que s'expliquen a continuació.

4.3. Avaluació multicriteri

4.3.1. Descripció de les eines multicriteri

L'avaluació multicriteri és una eina molt utilitzada en l'àmbit de l'avaluació, especialment avaluació d'impactes de projectes.

Aquest mètode permet fer una valoració d'un conjunt de dades en el que hi pot haver dades qualitatives i quantitatives. És especialment útil quan es comparen diferents projectes perquè permet visualitzar les diferències i similituds d'una característica per cada projecte. [5]

Per tots aquests motius, en aquest treball es segueix aquesta forma d'avaluació.

Els criteris, alhora, estan classificats per àmbit d'estudi. Aquests àmbits solen ser els següents: econòmic, social, medi-ambiental i tecnològic; doncs són els quatre punts de vista que sol tenir en general qualsevol projecte. Naturalment se'n pot prescindir, si no es pretén avaluar aquell aspecte o no hi ha dades; o se'n poden afegir d'altres, com l'àmbit cultural.

Els criteris defineixen els aspectes que es volen avaluar. Però no són mesurables, per això es fan servir els indicadors. Els criteris donen informació de cada aspecte concret del projecte mitjançant els valors concrets dels indicadors que engloben.

Els indicadors són la base de les eines multicriteri. Un indicador és una característica obtinguda mitjançant dades que es tenen a l'abast (per exemple, d'enquestes). L'obtenció de cada indicador està definida i aquest té un valor dins d'una escala o rang de valors determinat prèviament. La funció d'aquests és mesurar qualitativament els criteris, d'aquí el nom de l'eina d'anàlisi.

A continuació hi ha dues taules que descriuen característiques descriptives o prèvies al sistema i indicadors per l'avaluació de l'impacte, respectivament. En les taules es defineix el nom de l'indicador, el rang de valors que pot prendre, la font de dades a partir de les quals s'ha confeccionat i la descripció.

4.3.2. Característiques descriptives

Àmbit	Característica		Valors	Font	Descripció
Tecnològic	T1	Demanda mitja per família	W·h/dia	F	Energia mitja demandada per les famílies calculada a partir del nombre d'artefactes que tenen i les hores que els utilitzen
	T2	Generadors	W	T	Potència dels generadors dels sistemes d'obtenció d'energia
	T3	Preses de corrent	Unitats	F	Número de preses de corrent mitjà que hi ha per habitatge/família
Socioeconòmic	E1	Varietat d'activitats econòmiques	%Sí	F	Percentatge d'habitants relacionat amb alguna activitat agrícola diferent de l'agricultura i la ramaderia
	E2	Propietat terres de conreu	%Sí	F	Percentatge d'habitants que tenen són propietaris de les terres que treballen
	E3	Famílies riques	%	Diagnòstic	Percentatge de famílies amb capacitat econòmica alta
	E4	Venta de productes ramaders	%Sí	F	Percentatge d'habitants que destina part o la totalitat dels productes ramaders a la venda i no a l'autoconsum
	E5	Venta de productes d'agricultura	%Sí	F	Percentatge d'habitants que destina part o la totalitat dels productes agrícoles a la venda i no a l'autoconsum
	E6	Altres programes d'ajuda	%Sí	F,T	Percentatge d'habitants que reben alguna altra ajuda econòmica a part del sistema d'obtenció d'energia

Taula 3 Característiques descriptives del projecte.

4.3.3. Indicadors d'anàlisi

Àmbit	Criteri	Indicador		Valors	Font	Descripció
Tecnològic	Capacitat	TC1	Ús d'espelmes després del sistema	%Sí	F	Percentatge d'habitants que encara utilitza espelmes després de la implementació del sistema
		TC2	Limitacions del sistemes	%Sí	F	Percentatge de persones que opinen que l'energia que obtenen no és suficient per connectar tots els dispositius desitjats
	Manteniment	TM1	Possessió de manuals per la reparació del sistema	Sí/No	T	Possessió de la comunitat de manuals amb informació sobre el funcionament i la reparació dels sistemes d'obtenció d'energia.

		TM2	Possessió d'eines per la reparació del sistema	Sí/No	T	Possessió de la comunitat d'eines útils per a la reparació del sistema d'obtenció d'energia.
		TM3	Participació de les famílies en el manteniment del sistema	Sí/No	T	Participació de les famílies de la comunitat en activitats de manteniment del sistema d'obtenció d'energia.
		TM4	Número operadors	Unitats	T	Número de persones dins la comunitat responsables del funcionament del sistema d'obtenció d'energia amb coneixements tècnics bàsics sobre ell.
		TM5	Manteniment que fa l'operador	0-2	T	Nivell d'implicació de l'operador, tipus de manteniment seguint el següent: Cap=0 Correctiu=1 Preventiu i correctiu=2
		TM6	Qualificació operador	0-2	F	Valoració de les famílies respecte les activitats de l'operador o operadors de la seva comunitat: Res qualificat= 0 Poc qualificat=1 Molt qualificat=2
		TM7	Manteniment que fan els tècnics	0-2	T	Nivell d'implicació de l'operador, tipus de manteniment seguint el següent: Cap=0 Correctiu=1 Preventiu i correctiu=2
		TM8	Qualificació Tècnics	0-2	F	Valoració de les famílies respecte les activitats dels tècnics externs a la seva comunitat: Res qualificat= 0 Poc qualificat=1 Molt qualificat=2
	Seguretat	TS1	Protecció contra descàrrega	Sí/No	T	Existència de protecció contra descàrrega tant en el lloc de generació com en la distribució
		TS2	Tanca perimetral	Sí/No	T	Existència d'una tanca perimetral que rodegi el sistema per tal d'evitar accidents
	Funcionament	FS1	Freqüència fallades	0-2	F	Valoració dels habitants de com de freqüents són les fallades del sistema. Res freqüents=0 Poc freqüents=1 Molt freqüents=2
		FS2	Estat general 2016	0-2	T (text)	Valoració general de si el sistema encara funciona i es fa servir. No funciona=0 Parcialment=1 Funciona=2

		FS3	Canvi en funcionament servei des de implementació	del -1 al 1	F	Valoració sobre l'evolució del funcionament del sistema d'obtenció d'energia al llarg del temps des de la instal·lació. Desmillorat=-1 Igual=0 Millorat=2
Social	Informació i educació	SI1	Millora educació	0-2	F	Valoració dels habitants sobre l'evolució en la qualitat de l'educació a partir de la implementació del sistema d'obtenció d'energia. Sense impacte=0 Ha millorat=1 Millora absoluta=2
		SI2	Determina accés a Internet	%Sí	F	Percentatge d'habitants pels quals el projecte els ha permès l'accés o la millora de connexió a Internet
		SI3	Determina accés a radio/TV	%Sí	F	Percentatge d'habitants pels quals el projecte els ha permès l'accés o la millora de connexió a televisió i ràdio
		SI4	Millora salut	%Sí	F	Percentatge d'habitants que opinen que el projecte ha fet millorar la seva salut
		SI5	Millora feines de la llar	%Sí	F	Percentatge d'habitants que opinen que el projecte ha fet més fàcil i còmode les tasques a la llar
	Gestió	SG1	Suport municipalitat	Sí/No	T (text)	Recolzament d'algun tipus de l'organització pública o abandonament
		SG2	Desigualtats d'us	%Sí	F	Percentatge d'habitants que han notat que els seus veïns abusen dels sistemes d'obtenció d'energia
		SG3	Reunions de veïns	0-2	T (text)	Existència de protecció contra descàrrega tant en el lloc de generació com en la distribució
	Satisfacció	SS1	Qualitat del servei	0-5	F	Valoració general subjectiva dels habitants sobre la qualitat del sistema d'obtenció d'energia. Pèssim=0 Molt dolent=1 Dolent=2 Bo=3 Molt bo=4 Excel·lent=5
Econòmic	Productivitat	ER1	Augment productivitat	%Sí	F	Percentatge d'habitants que han notat un augment en la seva productivitat des de la implementació del projecte
		ER2	Noves activitats productives	%Sí	F	Percentatge d'habitants que han pogut començar o planegen començar una altra activitat productiva a més de les ja existents
	Pagament	EP1	Preu	Xifra en Sols	T	Tarifa que consta que paguen les famílies al mes en aquesta comunitat per la utilització del sistema d'obtenció d'energia
		EP2	Morositat	Sí/No	T (text)	Existència de problemes de pagament en la comunitat

		EP3	Tarifa variable	%Sí	F	Percentatge d'usuaris que preferirien una tarifa proporcional al consum abans que la tarifa fixa o el pagament puntual a l'operador.
Medi-ambiental	Contaminació	MC1	Sorolls	%Sí	F	Percentatge d'habitants que afirmen sentir sorolls provinents del sistema d'obtenció d'energia
		MC2	Deixalles	Sí/No	T	Existència de deixalles o enderrocs per causa del sistema d'obtenció d'energia
	Desforestació	MD1	Tala d'arbres	Sí/No	T	Necessitat de tala d'arbres per la implementació del sistema d'obtenció d'energia

Taula 4. Definició dels indicadors

La nomenclatura per la columna de la font és F per enquestes a famílies, T per enquestes tècniques i D per diagnòstics socioeconòmics.

5. Anàlisi resultats

5.1. Resultats

Els valors dels indicadors i les característiques descriptives definides anteriorment es troben resumides en les taules següents, a partir de les quals es farà l'avaluació.

Característica		Valors	Morowisha ES-M	Ingatambo S-M	Aalto Perú H-M	Alto Perú S-I	Alto Perú S-M	Suro Antivo H-M	Pucará H-M	Pucará S-I	Chorro Blanco H-M	Campo Alegre ES-I
T1	Demanda mitja per família	Wh/dia	100	-	-	274	194	1390	774	200	404	486
T2	Generadors	W	500	100	2000	95	35	25000	11000	95	20000	300
T3	Preses de corrent	Enter	2	-	-	2,5	2	4	3	1	3	2
E1	Varietat d'activitats econòmiques	%Sí	57,142	-	-	0	28,571	50	3,461	100	0	39,473
E2	Propietat terres de conreu	%Sí	42,857	-	-	20	14,285	87,5	23,076	100	42,857	89,473
E3	Famílies riques	%	-	-	30	30	30	6	47	47	15	-
E4	Venta de productes ramaders	%Sí	100	-	-	100	52,380	87,5	50	100	100	100
E5	Venta de productes d'agricultura	%Sí	0	-	-	20	33,333	0	0	0	0	42,105
E6	Altres programes d'ajuda	%Sí	57,142	-	-	20	42,857	100	100	100	100	55,263

Taula 5. Valors de les característiques descriptives dels projectes.

Indicador		Valors	Morowisha ES-M	Ingatambo S-M	Alto Perú H-M	Alto Perú S-I	Alto Perú S-M	Suro Antivo H-M	Pucará H-M	Pucará S-I	Chorro Blanco H-M	Campo Alegre ES-I
TC1	Ús d'espelmes després del sistema	%Sí	42,857	-	-	0	52,380	45,833	38,461	100	0	57,894
TC2	Limitacions del sistemes	%Sí	42,857	-	-	40	71,428	37,5	15,384	100	42,857	73,684
TM1	Possessió de manuais per la reparació del sistema	Sí/No	No	No	No	No	No	No	Sí	-	No	No
TM2	Possessió d'eines per la reparació del sistema	Sí/No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	-	Sí	No
TM3	Participació de les famílies en el manteniment del sistema	Sí/No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
TM4	Número operadors	Enter	1	0	0	2	1	3	8	0	7	1
TM5	Manteniment que fa l'operador	0-2	-	-	0	0	0	1	-	2	2	1
TM6	Qualificació operador	0-2	1	-	-	0,6	0,142	1,75	2	2	2	1
TM7	Manteniment que fan els tècnics	0-2	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
TM8	Qualificació Tècnics	0-2	2	-	-	1,2	0,857	1,875	1,538	2	1,428	2
TS1	Protecció contra descàrrega	Sí/No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí
TS2	Tanca perimetral	Sí/No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
FS1	Freqüència fallades	0-2	0	-	-	0,6	0,857	0,833	0,884	1	0,428	0,605
FS2	Estat general 2016	0-2	0	0	0	1	0	2	2	2	2	1
FS3	Canvi en funcionament servei des de implementació	del -1 al 1	-1	-	-	0,6	0,761	0,083	0,653	0	0,428	0,289
SI1	Millora educació	0-2	0,285	-	-	0,3	0,285	0,25	0,230	0,166	0,285	0,210
SI2	Determina accés a Internet	%Sí	57,142	100	-	40	0	0	23,076	0	42,857	0

SI3	Determina accés a radio/TV	%Sí	0	-	-	80	19,047	70,833	50	0	100	21,052
SI4	Millora salut	%Sí	100	-	-	100	100	100	100	100	100	100
SI5	Millora feines de la llar	%Sí	100	-	-	60	76,190	100	100	100	100	100
SG1	Suport municipalitat	Sí/No	No	-	No	No	No	Sí	No	No	No	No
SG2	Desigualtats d'us	%Sí	42,85714286	-	-	0	23,809	0	57,692	100	0	7,894
SG3	Reunions de veïns	0-2	-	-	-	0	-	2	2	1	2	0
SS1	Qualitat del servei	0-5	5	-	-	4,6	3,190	4,625	4,346	4	4,571	4,736
ER1	Augment productivitat	%Sí	0	-	-	0	19,047	37,5	34,615	0	0	36,842
ER2	Noves activitats productives	%Sí	0	-	-	0	14,285	41,666	88,461	100	0	55,263
EP1	Preu	Sols peruans	13	-	-	-	-	10	10	10	10	14
EP2	Morositat	Sí/No	-	-	-	Sí	-	No	No	No	-	Sí
EP3	Tarifa variable	%Sí	42,857	-	-	40	71,428	45,833	23,076	0	0	18,421
MC1	Sorolls	%Sí	0	-	-	20	38,095	0	0	100	0	65,789
MC2	Deixalles	Sí/No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí
MD1	Tala d'arbres	Sí/No	No	No	Sí	Sí	Sí	-	No	No	Sí	No

Taula 6. Valors dels indicadors d'anàlisi dels projectes

5.2. Anàlisi individual

En aquest apartat es descriu la situació en general de cada projecte per sistema i donant la informació de les observacions i textos que malauradament no queda recollida directament en les enquestes.

5.2.1. Morowisha ES-M

A Morowisha es va instal·lar una central eòlica-solar i l'electricitat es distribuïa mitjançant una microxarxa per 4 habitatges i una escola, que compta de sis alumnes. (Taula 1) Segons les enquestes els usuaris estaven satisfets (SS1), excepte per la qualitat de la cobertura mòbil. No hi ha contaminació pel sistema però sí a la comunitat i a l'interior dels habitatges per causa de les espelmes, que encara fa servir per no poder utilitzar el sistema.

El generador va deixar de funcionar aproximadament un mes abans que es fes l'enquesta per causa d'un llampec. L'escola va deixar de tenir electricitat abans d'aquest fet per l'impagament de la quota mensual per part dels pares. Quan va deixar de funcionar, es van repartir els diners que hi havia al fons de seguretat entre els usuaris i ja ningú paga. Per una altra banda, la comunitat té un deute que no pot afrontar amb SUNAT (la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria, un organisme tècnic especialitzat del Perú adscrit al Ministeri d'Economia i Finances).

Abans de l'averia hi havia un operador (TM4) encarregat que rebia remuneració però no acomplia la part administrativa de la seva feina (TM6). Per a les feines de reparació/substitució actua un tècnic extern (TM7, TM8). Posteriorment a l'averia no hi ha ningú amb coneixements tècnics sobre el sistema en la comunitat i no és possible accedir a l'interior de la casa de màquines.

5.2.2. Ingatambo S-I

A Ingatambo es va implementar el projecte només per l'escola. És un sistema individual de plaques fotovoltaïques. (Taula 1). L'estat de manteniment del sistema no és l'idoni, està envoltat d'herbes altes i els panells solars estan bruts. Tot i que la cobertura mòbil no ho és, la connexió a internet és bona. Per aquest motiu de vegades els professors usen aquesta pel seu propi interès i no només per l'educació.

5.2.3. Alto Perú H-M

El sistema que va decidir implementar-se aquí, donat que hi ha riu, és una pico-central hidràulica. Aquest havia d'abastir 4 cases i l'escola (Taula 1). L'electricitat obtinguda mitjançant aquestes centrals sempre es distribueix per una microxarxa. No obstant, en aquesta mateixa

comunitat no només es van implementar dos projectes més de Practical Action i ESF sinó que també hi ha un altre programa d'electrificació d'Acciona que proporciona electricitat a l'escola.

Tot i que les pico-central hidràuliques teòricament tenen pocs desavantatges, en aquesta comunitat no ha funcionat. La casa de màquines està derruïda, bruta i envaïda per la natura (MC2). A més, alguns pals de cablejat estan caiguts. El riu en estat de sequera està buit però hi ha una alta probabilitat que el mal estat de la central contamiï l'aigua quan el riu tingui més cabal en l'època de pluja. Com la municipalitat no recolza el sistema (SG1), no hi ha tècnics externs (TM7).

5.2.4. Alto Perú S-I

Aquest segon tipus de sistema instal·lat a la comunitat inclou l'abastiment de 39 cases i 2 botigues. Cada construcció compta amb el seu propi generador solar individual (Taula 1).

El resultat és positiu donat que alguns usuaris encara fan servei del sistema (FS2): els ha millorat la vida quotidiana, la neteja personal i la qualitat de l'aire que respiraven. Només hi ha hagut petites fallades que s'han solucionat. No obstant, la comunitat no funciona com a un únic organisme si no que cadascú es fa càrrec del seu sistema, sense pagament de tarifes fins que el sistema es fa malbé. La municipalitat no recolza el sistema, i no hi ha tècnics externs (TM7), que eren els qui feien el manteniment.

5.2.5. Alto Perú S-M

El tercer i últim dels sistemes que es van implementar a Alto Perú també transforma energia elèctrica a partir de la solar però aquesta es distribueix per microxarxa que cobreix 2 cases, 2 botigues i el centre de salut. (Taula 1)

Mentre funcionava, els negocis van millorar (ER1) i es reduïa l'ús d'espelmes, per tant la qualitat de l'aire era millor. No obstant, el sistema es va fer malbé (l'inversor i el controlador) i ja no funciona (FS2) excepte per a una de les famílies es va separar de la microxarxa i ara té panells de forma individual. La municipalitat no recolza el sistema (SG1) i no hi ha tècnics externs (TM7).

5.2.6. Suro Antivo H-M

La pico-central hidràulica de Suro Antivo va començar abastint a 60 famílies però la microxarxa es va anar ampliant fins cobrir 40 habitatges més de les comunitats d'Ingatambo i El Chorro. El projecte inclou una escola amb 31 alumnes i 2 professors.

Totes les enquestes esmenten la millora de nivell de vida quotidiana nocturna que els ha aportat el sistema, que els permet fer més coses (com per exemple teixir o fer feina domèstica)

i fer-ho més tranquils (SI5). També s'esmenen millores en la salut, sobretot respiratòria i de la vista. La millora de l'educació és notòria gràcies a la utilització de vídeos i altre material digital. No obstant, encara no tenen connexió a internet (SI2). En general, tots molt satisfets quan funciona (SS1), és a dir en la època de precipitacions, doncs a l'estació seca el riu no porta aigua i falta electricitat. Aquest és l'únic problema important exceptuant la obstrucció d'algunes parts del sistema per afers naturals.

Des del punt de vista de l'administració, la organització de la comunitat és molt competent. La casa de màquines neta i endreçada i mensualment tenen lloc reunions de veïns per qualsevol dubte, proposta, demanda o reclamació que es vulgui fer (SG3). El més habitual és que tots els usuaris compleixin els períodes de pagament exceptuant algun retràs puntual (EP2). A més, hi ha una sèrie d'artefactes que estan prohibits per evitar abús de consum (SG2): l'ús d'alguns d'aquests comporta el pagament d'una sanció. La inclusió de les noves famílies que volen ser usuàries de la microxarxa també està regulada. Aquestes només tenen el requisit de pagar la quantitat de S/1200 i el material de la instal·lació. Pel manteniment la comunitat compta amb tres operadors (TM4) encarregats del manteniment i la gestió del sistema que cobren de part de les tarifes mensuals que paguen els usuaris. La seva feina consisteix en el manteniment de la casa de màquines cada 30 o 60 dies, el cobrament de les quotes mensuals i la reparació puntual de fallades, aproximadament un cop cada dos o tres mesos. Es sol·liciten tècnics externs només en casos extrems.

Els tècnics estan a la disposició dels usuaris gràcies al fet que aquest projecte és l'únic que rep suport de la municipalitat (SG1), cosa que es reflecteix en el funcionament del sistema i la seva administració. La municipalitat també va canviar el transformador valorat en S/6000 i va substituir els antics pals de fusta per uns de ciment. El ministeri d'educació i el d'habitatge també col·laboren econòmicament.

A partir de la nova font d'energia els habitants es plantegen començar noves activitats (ER2) com el reg tecnificat, moldre gra, bombejar aigua i comprar eines de fusteria més modernes. Tot i així, la capacitat del sistema és una mica limitada.

5.2.7. Pucará H-M

A Pucará es van implementar dos tipus de projectes. EL primer és també una microxarxa amb una font d'energia hidràulica. En aquest cas, 22 cases, 1, escola i 2 esglésies compten amb aquest servei. (Taula 1)

Els usuaris del sistema estan satisfets amb el servei pels poder gaudir del següent: dutxar-se amb aigua calenta més fàcilment, estudiar més còmodament, posar-se malalts menys sovint, veure-hi millor, fer feines de la casa per la nit i més còmodament (SI5), entretenir-se amb la televisió. A més, el sistema promou possibles noves activitats econòmiques (ER2) com posar

una botiga, vendre gelats i teixits o comprar una eina elèctrica. Malgrat això, segons les enquestes els primers anys hi va haver fallades (FS1) que s'han solucionat, per exemple la caiguda d'un llampec sobre el sistema.

La informació sobre l'autogestió de la comunitat també és positiva. Tot i que s'ha demanat suport a la Municipalitat sense èxit, existeixen operadors (TM4) que cobren i fan torns, es fan reunions de veïns mensualment, majoritàriament no hi ha problemes de pagament (EP2) i la casa de màquines està neta i endreçada. No obstant, hi ha abús del sistema per part d'alguns usuaris i habitatges connectats sense autorització a la xarxa que donen problemes.

5.2.8. Pucará S-I

El segon sistema que hi ha al Pucará son 7 dispositius individuals de plaques fotovoltaïques. Com a altres comunitats on el sistema funciona, les enquestes mostren la satisfacció de les famílies usuàries (SS1) per la millora de les seves condicions de vida en quant a l'augment d'hores aprofitables i la disminució d'ús d'espelmes, el fum de les quals perjudica la vida i el sistema respiratori. Les activitats que han pogut desenvolupar més gràcies a l'electricitat són la fusteria, la producció de formatge i la venda de gelats.

La Municipalitat no dona suport a la comunitat tot i haver-ho sol·licitat. L'organització de la comunitat es basa en reunions mensuals o que tenen lloc quan algú té una queixa (SG3). Els nous usuaris han de pagar una quota d'instal·lació i totes les famílies paguen la mateixa quota, tot i haver-hi desigualtats de prestacions: l'autonomia habitual d'un individual és d'un dia aproximadament, però alguns dispositius no funcionen quan plou, altres no han tingut fallades mai i un ha deixat de funcionar (FS1). El manteniment és correctiu, quan hi ha fallades. Caldria un millor manteniment perquè tot i que els panells no estan obstruïts hi ha escombraries i animals a la vora i falta una obra de cablejat per acabar. El manteniment existent és només correctiu quan hi ha fallades.

5.2.9. Chorro Blanco H-M

A Chorro Blanco la microxarxa abasteix 37 cases i una escola. La font d'energia és també la força del cabal del riu. Tot i algunes fallades per tempestes, els usuaris estan satisfets amb el millor aprofitament del temps i la disminució de problemes de vista (TC1). L'escola ha notat una millora gràcies a gaudir d'ordinadors. No obstant, la comunitat demana connexió a internet i alguns usuaris creuen que la quantitat d'energia disponible és limitada (TC2).

No ha fet falta ajuda de la Municipalitat perquè el fons comú amb els pagaments dels usuaris cada mes ja fa servei. Una reunió de la comunitat té lloc cada tres mesos (SG3) on es discuteixen els temes amb el comitè d'administració que ha canviat dos cops des de la implementació. Els usuaris paguen extra per les reparacions i S/14 si sobrepassen el

consum establert. Els nous usuaris han de pagar una quota d'instal·lació. Els operadors (TM4) cobren, fan torns i una de les seves feines és mantenir la casa de màquines neta i endreçada.

5.2.10. Campo Alegre ES-I

En aquesta comunitat es van instal·lar a 20 habitatges dispositius individuals mixtos, que compten d'un aerogenerador i una placa solar. Hi ha en aquesta comunitat un projecte de Perú Microenergía (de l'empresa Acciona) que també proveeix els habitatges d'electricitat i que té una botiga al caseriu. Els usuaris que fan servir el sistema per tenir llum estan satisfets amb l'augment d'hores productives i amb els avantatges de la salut ja comentats en altres comunitats gràcies a poder prescindir d'espelmes. En canvi, aquells qui requereixen més energia troben que el sistema és limitat. Per exemple per posar una televisió, una planxa, una liquidadora o una màquina de soldar (TC2).

En aquests sistemes mistos de vegades una part funciona millor que l'altre. Per alguns enquestats el sistema eòlic dona pitjor resultat que el fotovoltaic. En alguns casos, per exemple, el pal on està l'aerogenerador cau. Les fallades per excés de vent, i per altres causes naturals com els llampecs, també són comuns. Hi ha famílies que només amb el panell obtenen l'energia que necessiten. Per altres, en canvi, el panell solar no els serveix perquè les bateries no funcionen i per tant només dona electricitat en hores de llum solar, que és quan menys es necessita.

Quan es va implementar el projecte en aquesta comunitat, es va acordar amb Hidrandina (companyia de generació d'energia) que aquesta es responsabilitzaria del projecte però després de canviar les bateries (aproximadament S/7000), no han tornat a fer aparició quedant-se amb la resta del capital (aproximadament S/4000). La municipalitat es desentén totalment del projecte i no existeix cap tipus d'administració comú: els usuaris no paguen tarifa si no que cadascú s'encarrega del seu dispositiu. L'únic manteniment el fa l'operador amb coneixements bàsics quan hi ha una averia i se li paga per reparació (TM4). Comparació per àmbits

5.2.11. Comparació per l'àmbit tecnològic

Els sistemes que més energia proporcionen són les de les picocentrals hidràuliques, coincideix que els habitatges connectats a aquestes microxarxes són els que tenen més preses de corrent. Els valors de demanda d'energia en W·h/día més alts coincideixen amb aquestes comunitats sense incloure Chorro Blanco.

Aquests dos sistemes H-M de Pucará i Suro Antivo també són les que més han reduït l'ús d'espelmes (TC1) juntament amb ES-M de Morowisha. Menys del 50% dels habitants

enquestats fa ara ús d'aquestes. També són capdavaners aquests dos projectes en oferir un servei sense limitacions, mentre que a Campo Alegre ES-I i Alto Perú S-M més d'un 70% dels enquestats van fer constar que l'energia no és suficient.

Sobre el manteniment, Pucará H-M és l'únic que compta amb ambdós, manuals i eines, per la reparació i/o manteniment dels dispositius xarxes (TM1). Suro Antivo H-M i Chorro Blanco H-M compten amb eines només. Cap comunitat té part de reemplaçament, algunes les demanen quan calen.

L'actuació dels operadors (TM4, TM5) és inexistent pels sistemes d'Ingatambo, Alto Perú i el sistema S-I de Pucará. La resta d'operadors estan puntuats entre poc i molt qualificats. L'activitat dels tècnics externs només està present a Morowisha ES-M, i als sistemes H-M de Pucará, Suro Antivo i Chorro Blanco, amb puntuació sobre la qualificació elevada. Per una altra banda, els usuaris de tots els sistemes, exceptuant els de Morowisha i Ingatambo, afirmen que les famílies participen en el manteniment.

Cap de tots els projectes compta amb ambdues mesures de seguretat que es pregunten. La raó de si tenen protecció contra descàrrega (TS1), tanca perimetral (TS2) o cap de les dues no segueix cap patró.

En el moment de la realització de les enquestes, tres dels projectes havien deixat de funcionar (Morowisha ES-M, Alto Perú H-M i S-M). Els usuaris dels sistemes que funcionaven parcialment (Alto Perú S-I i Campo Alegre ES-I) o dels que ho feien de manera íntegra van percebre una petita evolució positiva en el funcionament. Dels que funcionen, cap sistema és puntuat amb alta freqüència de fallades, tots queden per sota del valor de "Poc freqüent".

5.2.12. Comparació en l'àmbit social i de gestió

Les 7 comunitats comptaven amb una escola abans de la implementació del projecte i les famílies han notat una millora en l'educació gràcies a l'electrificació. Tot i així, els usuaris de tots els sistemes coincideixen en que l'educació ha millorat però poc, donant a l'indicador SI1 una puntuació al voltant de 0,25 sobre 2. La petita millora es deu a la possibilitat d'estudiar a les hores de foscor i sense els perjudicis de les espelmes. Alguns materials escolars com vídeos també han ajudat.

La millora de la salut és notable pels usuaris de tots els sistemes. La principal i més important causa és la disminució de l'ús d'espelmes. El fum que aquestes desprenen és molt perjudicial per la vista i pel sistema respiratori, per això els usuaris esmenen aquest fet sovint a les observacions. No obstant, els sistemes no han permès de moment la creació de nous Centres

de salut a les comunitats o encara no hi havia.

Sobre si el sistema d'obtenció d'energia utilitzat és origen de millora de la vida quotidiana, el 97% de la mostra ha respost que sí (només una família ha respost "No", sense motius aparents perquè el sistema funciona bé, segurament és que ja vivien bé). El 50% manifesta que ha facilitat la vida quotidiana nocturna i el 26,5% dóna més importància a l'increment d'hores productives. Un altre motiu és la possibilitat de temps d'oci a l'espai familiar durant la nit. El sistema

La gestió i administració corre a compte de les comunitats, no obstant només consta que es facin reunions generals més o menys periòdiques a les comunitats de Suro Antivo, Pucará i Chorro Blanco. La comunitat de Suro Antivo, a més, és la única que compta amb el recolzament de la municipalitat.

Tot i les dificultats, problemes i limitacions, la puntuació sobre el funcionament dels sistemes és molt propera a la màxima en totes les comunitats. La més baixa de les disponibles és a Alto Perú S-M amb 3,12 sobre 5, que equival a "Bo". En tot cas, s'ha de tenir en compte que algunes de les famílies responen segons com els funcionava el sistema abans de patir una averia.

5.2.13. Comparació en l'àmbit econòmic

Un augment de la productivitat gràcies al sistema (ER1) és notable en quatre projectes per un 30% aproximadament dels enquestats. Aquests projectes són Suro Antivo H-M, Pucará H-M, Alto Perú S-M i Campo Alegre ES-I i coincideixen amb els sistemes els usuaris dels quals més noves activitats productives volen començar. Especialment a Suro Antivo, el 88% dels usuaris són emprenedors gràcies al projecte. En general i com s'ha dit a l'apartat anterior, la millora de qualitat de vida és molt notòria perquè utilitzen les hores de llum per fer feines de la casa, com cuinar, més còmodament. Tot i així és encara minoria qui ho fa servir per augmentar la producció pel negoci (ER2).

El preu de la tarifa mensual que han de pagar els usuaris és d'aproximadament 12,5 sols, tot i que aquesta dada només és coneguda per a algunes comunitats. Només es denota morositat en la comunitat de Campo Alegre i en cap comunitat s'esmena la impossibilitat de pagament per ser el preu massa alt. En algunes comunitats, els usuaris manifesten que hi ha desigualtat en l'ús que fan els veïns. El cas més exagerat es dóna a Pucará: més de la meitat dels enquestats denuncia aquest fet. La tarifa fixa no ajuda a erradicar aquest problema. Com s'ha vist, a Suro Antivo es fa pagar una sanció a aquelles famílies que excedeixen el consum pactat. Una altra solució seria posar tarifa proporcional al consum. Aquesta opció és recolzada pels usuaris d'algunes comunitats (EP3) que, no obstant, no coincideixen amb les que denuncien la desigualtat d'ús (SG2).

Segons la característica E8, totes les comunitats compten d'alguna de les ajudes externes de projectes solidaris que es detallen a continuació:

Nom	Ajuda
Juntos	Ingrés econòmic
Cocinas Mejoradas	Cuines noves
Pensión 65	Ingrés econòmic
Vaso de Leche	Aliments

Taula 7. Altres ajudes externes que reben les comunitats

Per tots els sistemes, un percentatge més alt del 50% dels enquestats rep al menys una ajuda de les esmenades. En les comunitats de Suro Antivo, Pucará i Chorro Blanco, aquest percentatge és del 100%.

5.2.14. Comparació Medi-Ambiental

Els enquestats van ser preguntats sobre diferents tipus de contaminació que podia haver aportat el sistema. Coincideix que els sistemes dels quals s'ha percebut contaminació acústica són sistemes de generació mitjançant energia solar o eòlica exceptuant Morowisha. Els sorolls provenen de les bateries o bé de l'hèlix de l'aerogenerador.

Contaminació d'aigua, terra o aire no es dona a cap comunitat. De fet, s'observa contaminació a l'interior dels habitatges on s'han vist obligats a tornar a fer servir espelmes pel no funcionament del sistema, però no per culpa d'aquest. L'únic sistema visitat que ha creat contaminació és la central pico-hidràulica d'Alto Perú. Aquesta es troba en mal estat i, quan el riu duu aigua, es podria contaminar.

Les enquestes mostren en diferents preguntes l'absència de contaminació; no obstant, també mostren la presència de deixalles en algunes comunitats que és molt probable que no tinguin relació amb el sistema per la resta de respostes.

Per últim, a Alto Perú i Chorro Blanco es va dur a terme una tala d'arbres per possibilitar la instal·lació dels dispositius. Aquest fet no hauria de ser de gravetat doncs és una tala de poca magnitud que té lloc només un cop.

5.3. Propostes de millora

5.3.1. Anàlisi global dels sistemes

En resum, si els sistemes funcionen, l'impacte positiu en la vida dels usuaris és notable sobretot en millora de la salut i en augment d'hores per la vida nocturna. No obstant, els sistemes en general tenen limitacions per erradicar l'ús d'espelmes i promoure noves activitats productives.

Els sistemes amb microxarxa donen potencialment millor servei i millors prestacions però requereixen un bon manteniment, per la qual cosa la seva gestió és més difícil, si no es fa, deixa de funcionar, com en el cas d'Alto Perú H-M. Els dispositius individuals donen un servei més limitat, tanmateix la seva durada és major encara que no es faci un manteniment rigorós. És el cas, per exemple de Campo Alegre. Per una altra banda, Les averies més comuns que apareixen a les enquestes són les fallades de les bateries, aquestes impliquen sistemes S o ES. Aquest és un motiu a favor per la implementació de sistema hidràulic, si és possible.

Els problemes que encara el sistema H-M són principalment la necessitat d'una corrent d'aigua propera i la inestabilitat que genera la sequera. No obstant, les enquestes mostren l'alt grau de satisfacció que ofereixen les pico-centrals hidràuliques si aquestes gaudeixen d'un bon manteniment. Per garantir això és necessari na bona organització i el suport de la municipalitat marca una gran diferència com es pot veure en el cas de Suro Antivo, doncs el sistema requereix un bon manteniment. És evident que sense aquest, un sistema H-M no pot funcionar: és el cas de la pico-central d'Alto Perú.

L'estudi mostra que les comunitats que implementen unes normes com una reunió periòdica tenen facilitat per resoldre els problemes tècnics i administratius que es presenten. En canvi, és freqüent que els usuaris de dispositius individuals com el d'Alto Perú S-I, independentment del tipus de font (ES-I, S-I), es desentenguin de l'organització comú i s'autogestionin de manera que si hi ha una averia, no hi ha fons comú per a una reparació i deixen de gaudir d'electricitat.

5.3.2. Anàlisi de la metodologia

És evident que és impossible o molt difícil explicar la situació exacte, detallada i precisa a diferents localitats i sobre diferents sistemes amb enquestes. Tot i així, en la realització d'aquest treball han sorgit un nombre de complicacions i dilemes que podria ser reduït en una futura recollida de dades. La proposta per una futura enquesta és la següent.

Per començar, un estudi previ del que es vol analitzar és imprescindible per no tenir informació innecessària i que la valuosa no es perdi entre comentaris. A més, seria convenient determinar

quin numero o percentatge d'enquestats per sistema (per tots els sistemes el mateix) es suficientment significatiu per donar conclusions.

Per simplificar la recollida, una idea seria fer una única enquesta amb els aspectes tècnics i socials evitant així tenir dos tipus d'enquestes. Aquesta hauria d'adaptar-se a tots els sistemes. D'aquesta manera, les dades tècniques o que són iguals per tota la comunitat quedarien repetides o només respostes per la persona responsable, però això no complicaria la feina posterior si no que faria que per aquells sistemes individuals o les comunitats amb més d'un sistema quedés més clar.

Per una altra banda, un problema observat és que la majoria de la informació valuosa queda en els comentaris addicionals. Per evitar això, s'hauria de tenir clar quina informació es vol obtenir i augmentar el nombre de preguntes. Aquestes preguntes han de ser de resposta tancada però prou explicatives.

Un altre problema és els diferents significats que els diferents entrevistats entenen per una mateixa pregunta. Això es veu en les contradiccions que hi ha en una mateixa enquesta. Per aquest motiu, les preguntes han de quedar clares i tenir una única interpretació, en la mesura del possible.

Per reduir feina posterior en la classificació de les dades es podrien fer varies coses. En primer lloc, les preguntes per la recollida de dades per identificar o classificar l'enquestat i les preguntes sobre l'impacte haurien de quedar clarament diferenciades. De la mateixa manera les preguntes dins de cadascun d'aquests apartats podrien estar ja separats per criteris. En aquest últim aspecte, les enquestes per aquest projecte eren correctes. Si és possible i és compatible amb la informació que es busca, seria interessant que les preguntes tinguessin el mateix tipus de resposta per facilitar l'anàlisi.

En segon lloc, la digitalització immediata de les dades seria de gran ajuda. En l'actualitat existeixen plataformes utilitzades per molts instituts d'estadística que mitjançant connexió per internet o ràdio emmagatzemen i fins i tot van fent càlculs generals. En el cas que no hi hagués connexió en les comunitats, el simple fet de respondre les enquestes de manera digital en comptes de escrites, juntament amb el fet de fer preguntes tancades, evitaria problemes com respostes poc clares entre dues opcions o cal·ligrafia intel·ligible.

6. Impacte ambiental i pressupost

6.1. Impacte ambiental

L'impacte ambiental que ha suposat aquest treball es redueix a l'ús de material de suport: fulls de paper i electricitat empleat en il·luminació i bateria de l'ordinador.

Els projectes que s'estudien en aquest treball fan ús d'energies renovables justament per reduir l'impacte ambiental negatiu que es donaria si les comunitats utilitzessin fonts d'energia fòssils. Els sistemes utilitzats no generen cap tipus d'emissió perjudicial, tot i així, alguns sistemes utilitzen bateries que poden espatllar-se i, en ser aquest el cas, s'ha de trobar una manera de reciclar-les correctament.

6.2. Pressupost

El cost de desenvolupament del present projecte, queda considerat en funció del temps necessari per realitzar-lo. Es diferencien les hores treballades com a enginyer junior, per a tasques de documentació i digitalització i tractament de dades, i les hores treballades com a enginyer superior, per l'anàlisi d'aquestes dades amb el mètode explicat. Es negligeix el cost de l'amortització de l'ordinador utilitzat. A continuació es mostra el resum de tots els costos, associats als recursos humans emprats.

Categoria	Hores	Tassa (€/hora)	Cost (€)
Enginyer junior	140	25	3500
Enginyer superior	170	40	6800
TOTAL	310	-	10.300€

Taula 8. Hores invertides en el treball, cost per hora i cost total

Per tant, el cost total del treball és de **deu mil tres-cents** euros.

Conclusions

Al voltant del 2011 a Perú es van dur a terme projectes d'electrificació rural mitjançant diferents tipus de fonts d'energia renovable i aïllats de la xarxa nacional. Uns anys després, al 2016, es van realitzar en les comunitats implicades unes enquestes per tal de fer una avaluació de l'impacte de dits projectes.

En aquest treball s'explica com aquests projectes de fonts d'electricitat aïllades van implementar-se a set comunitats de la regió de San Pablo, Cajamarca. Els sistemes poden ser d'energia hidràulica, solar o solar i eòlica, i alhora poden distribuir l'electricitat amb una microxarxa o alimentant cada construcció individualment.

Les enquestes en les que es fonamenta el treball donen informació tant dels aspectes tècnics del sistema com de l'impacte en la vida dels usuaris i els diagnòstics socioeconòmics previs als projectes dels que es disposa complementen aquesta informació juntament amb altres fonts de documentació. El tractament de les dades consisteix en disposar-les de manera que facilitin el mètode d'avaluació que s'utilitzarà: l'avaluació multicriteri. Aquest mètode consisteix en la creació d'uns indicadors que s'avaluen per obtenir un anàlisi de dades qualitatives i quantitatives alhora que és visual i entenedor.

Posteriorment es fa un anàlisi d'aquests resultats: primer de manera individual, per a cada sistema, i després de forma comparativa, per àmbits d'estudi. Es fa una avaluació de les característiques positives i negatives de cada projecte i en relació amb els altres de tal manera que, al final, es recullen les idees que poden ser útils en futurs o presents projectes del mateix tipus. Aquestes idees s'expressen com a propostes de millora tant pel funcionament dels sistemes com per l'avaluació d'aquest.

Com a conclusions generals de l'avaluació s'aprecia que l'èxit del funcionament dels projectes depèn de la implicació dels habitants, independentment del tipus de sistema, si existeix cooperació per part dels usuaris el projecte dona millor resultat. A més de la cooperació interna de les comunitats, la implicació de les administracions públiques són un factor determinant pel bon manteniment i desenvolupament. Aquesta diferència s'aprecia sobretot en els sistemes que distribueixen l'electricitat mitjançant una microxarxa, doncs donen millor servei que els sistemes individuals però són més dependents d'una bona gestió. Els sistemes individuals, en canvi, no requereixen tanta gestió, tot i donar un servei més limitat; per això els usuaris tendeixen a deixar de banda la gestió comú i fan us del sistema fins que s'espatlla.

Per una altra banda, s'observa que els sistemes que donen millor resultat que les altres són els que empen energia Hidràulica malgrat dependre de la sequera i sempre que, com s'ha dit, se'n faci una bona gestió. En termes de productivitat, els sistemes no donen prou energia per activar noves activitats econòmiques, però s'observa que, per petita que sigui la quantitat

d'energia que s'obtingui, la satisfacció dels usuaris és molt elevada doncs la disposició d'electricitat suposa una millora notòria de la salut i les feines quotidianes. A més, els sistemes són ecològics i, si es fa un bon reciclatge del material fet malbé, no comporten cap mena de contaminació.

Es pot concloure que els 10 projectes d'electrificació rural amb energies renovables analitzats al Perú demostren que és viable proporcionar electricitat a comunitats aïllades de manera sostenible i, pel bon funcionament de nous i antics projectes, cal tenir en compte les propostes de millora i els aspectes esmenats en aquest i altres treballs d'avaluació de projectes existents.

Agraïments

En primer lloc m'agradaria expressar el meu agraïment a la Professora Laia Ferrer Martí i al Marc Juanpera Galell pel seu temps i dedicació durant el treball. Gràcies per tots els consells i la orientació que han permès la realització d'aquest treball.

També agraeixo el bon tracte rebut pel departament d'Enginyeria Mecànica de l'ETSEIB en conjunt i que se'm permetés utilitzar l'espai de treball.

A més, m'agradaria agrair als professors Bruno Domenech Lega i Alejandro Esteban Lopez Gonzalez per les seves aportacions i comentaris i per mostrar-se accessibles per resoldre dubtes.

Per últim, gràcies als meus companys, família i amics que m'han recolzat durant tot el procés.

7. Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Ingeniería sin fronteras. *Curso de introducción: Proyectos de abastecimiento de energía en zonas rurales*. Mòdul 2. Tema 2.
- [2] Ingeniería sin fronteras. *Curso de introducción: Proyectos de abastecimiento de energía en zonas rurales*. Mòdul 2. Tema 4.
- [3] Ingeniería sin fronteras. *Curso de introducción: Proyectos de abastecimiento de energía en zonas rurales*. Mòdul 2. Tema 5.
- [4] Fabiana Sanchez. Perú 21. 15 d'abril de 2019. <https://peru21.pe/politica/cajamarca-continua-siendo-region-pobre-pais-472145>
- [5] García Leyton, Luís Alberto. *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. 19 de juliol de 2004. <https://www.tesisenred.net/>

Bibliografia complementària

- CRP Sarrià – Sant Gervasi. Diferències entre criteris d'avaluació i indicadors d'avaluació. <https://blocs.xtec.cat/crpsarriasantgervasi>
- Lucera. Companyia elèctrica. <https://lucera.es/>
- *Cómo ahorrar energía eléctrica. Revisión 9*. Osinergmin. Oficina de Comunicaciones de Osinergmin. 15 d'abril de 2014 <http://www.osinergmin.gob.pe>
- Instituto Peruano de Economía. <https://www.ipe.org.pe>
- *Proyectos de electrificación rural con energías renovables*. Laia Ferrer-Martí, Aleix Cubells, Enrique Velo, Miquel Carrillo. Editorial Icaria. 2013.
- *Assessing management models for off-grid renewable energy electrification projects using the Human Development approach: Case study in Peru*. Pau Lillo, Laia Ferrer-Martí, Alejandra Boni, Álvaro Fernández-Baldor. Energy for Sustainable Development. Editorial Elsevier. 2015.
- *Evaluating and comparing three community small-scale wind electrification projects*. Laia Ferrer-Martí, Anna Garwood, José Chiroque, Benito Ramirez, Oliver Marcelo, Marianna Garfí, Enrique Velo. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Editorial Elsevier. 2012.

- Experiences of Community Wind Electrification Projects in Bolivia: Evaluation and Improvements for Future Projects. Laia Ferrer-Martí. Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona Tech.
- *Criterios de evaluación y análisis de alternativas para el diseño de proyectos de electrificación rural con energía eólica y solar en países en desarrollo*. Jorge Luís Ochoa Ramón. 2009
- *Tecnología para el Desarrollo Humano en los Andes Cajamarca, Perú*. Pau Lillo, Álvaro Fernández-Baldor, Benito Ramírez, Jorge Rodríguez, Katherine Carranza, María Carrera, Marta García, Gerard Valls, Javier Allanegui, Laia Ferrer, Bruno Domenech, Eduardo Dallo. Edita: Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres. Primera edición. Cajamarca, Perú. Marzo, 2013.
- Diagnòstics socioeconòmics.